(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 204628112 U
(45)授权公告日 2015.09.09

(21)申请号 201520338716.2

(22)申请日 2015.05.23

(73)专利权人 长安大学
地址 710064 陕西省西安市南二环中段 33 号

(72)发明人 焦生杰 熊玉龙 徐信芯 张鹏程

(74)专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 谭文琰

(51)Int.Cl.
F15B 1/02(2006.01)
F15B 21/14(2006.01)
F03G 3/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

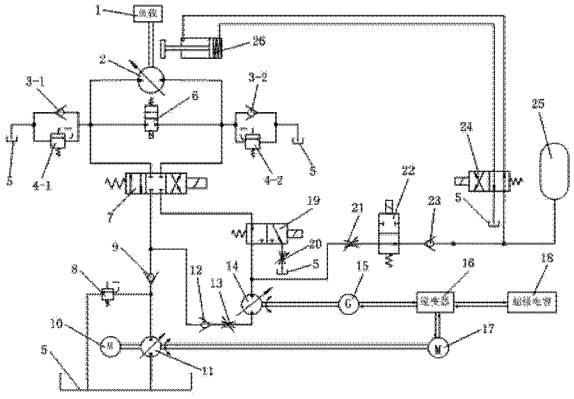
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)实用新型名称

一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统

(57)摘要

本实用新型公开了一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，包括油箱、变量泵、第一单向阀、三位四通阀、主卷扬马达、二位三通阀、回收马达、平衡阀、第二单向阀、第一换向阀、第三单向阀、储能器、第二换向阀和制动油缸，油箱、变量泵、第一单向阀、三位四通阀、主卷扬马达和二位三通阀依次连接，二位三通阀与油箱连接，二位三通阀、回收马达、平衡阀和第二单向阀依次连接，第二单向阀与三位四通阀连接，第一换向阀、第三单向阀和储能器依次连接，第一换向阀与二位三通阀连接，第二换向阀与储能器连接，第二换向阀与制动油缸连接，第二换向阀与油箱连接。本实用新型能有效回收旋挖钻机下放时的重力势能，提高能量的利用率，延长元件的使用寿命。



CN 204628112 U

1. 一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：包括油箱 (5)、变量泵 (11)、第一单向阀 (9)、三位四通阀 (7)、主卷扬马达 (2)、二位三通阀 (19)、回收马达 (14)、平衡阀 (13)、第二单向阀 (12)、第一换向阀 (22)、第三单向阀 (23)、储能器 (25)、第二换向阀 (24) 和制动油缸 (26)，所述变量泵 (11) 的进油口与油箱 (5) 连接，所述变量泵 (11) 的出油口与第一单向阀 (9) 的进油口连接，所述第一单向阀 (9) 的出油口与三位四通阀 (7) 的进油口连接，所述三位四通阀 (7) 的两个工作口分别与主卷扬马达 (2) 的进口和出口连接，所述三位四通阀 (7) 的回油口与二位三通阀 (19) 的工作口连接，所述二位三通阀 (19) 的回油口与油箱 (5) 连接，所述二位三通阀 (19) 的进油口与回收马达 (14) 的出油口连接，所述回收马达 (14) 的进油口与平衡阀 (13) 的进油口连接，所述平衡阀 (13) 的出油口与第二单向阀 (12) 的进油口连接，所述第二单向阀 (12) 的出油口连接在第一单向阀 (9) 的出油口与三位四通阀 (7) 的进油口之间，所述第一换向阀 (22) 的进油口连接在回收马达 (14) 的出油口与二位三通阀 (19) 的进油口之间，所述第一换向阀 (22) 的出油口与第三单向阀 (23) 的进油口连接，所述第三单向阀 (23) 的出油口与储能器 (25) 连接，所述第二换向阀 (24) 的进油口连接在第三单向阀 (23) 的出油口与储能器 (25) 之间，所述第二换向阀 (24) 的两个工作口分别与制动油缸 (26) 的进油口和出油口连接，所述第二换向阀 (24) 的回油口与油箱 (5) 连接。

2. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括发电机 (15)、逆变器 (16) 和超级电容 (18)，所述发电机 (15) 的输入轴与回收马达 (14) 的输出轴同轴连接，所述发电机 (15) 与逆变器 (16) 通过电缆连接，所述逆变器 (16) 与超级电容 (18) 连接。

3. 按照权利要求 2 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第一电动机 (17)，所述第一电动机 (17) 的输出轴与变量泵 (11) 的输入轴连接，所述第一电动机 (17) 和逆变器 (16) 通过电缆连接。

4. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括浮动阀 (6)，所述浮动阀 (6) 的进油口连接在主卷扬马达 (2) 的进口与三位四通阀 (7) 的一个工作口之间，所述浮动阀 (6) 的出油口连接在主卷扬马达 (2) 的出口与三位四通阀 (7) 的另一个工作口之间。

5. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第四单向阀 (3-1) 和第一溢流阀 (4-1)，所述第四单向阀 (3-1) 的出油口和第一溢流阀 (4-1) 的进油口并联接在主卷扬马达 (2) 的出口与三位四通阀 (7) 的另一个工作口之间。

6. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第五单向阀 (3-2) 和第二溢流阀 (4-2)，所述第五单向阀 (3-2) 的出油口和第二溢流阀 (4-2) 的进油口并联接在主卷扬马达 (2) 的进口与三位四通阀 (7) 的一个工作口之间。

7. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第一节流阀 (20)，所述节流阀 (20) 的进油口与二位三通阀 (19) 的回油口连接，所述节流阀 (20) 的出油口与油箱 (5) 连接。

8. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第二节流阀 (21)，所述第二节流阀 (21) 的进油口连接在回收马达 (14) 的出油口与二位三通阀 (19) 的进油口之间，所述第二节流阀 (21) 的出油口与第一换向阀 (22) 的进油口连

接。

9. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：所述变量泵 (11) 的出油口与第一单向阀 (9) 的进油口之间连接有第二溢流阀 (8)。

10. 按照权利要求 1 所述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：所述第二换向阀 (24) 为两位四通阀。

一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种势能回收装置，尤其是涉及一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统。

背景技术

[0002] 21 世纪全球面临资源紧缺问题，各国都极其重视资源和能量的利用，节能减排已经成为工业技术发展的一个重要方向。旋挖钻机属于工程机械中的桩工设备，在建筑施工中有着广泛的应用。旋挖钻机工作时，钻杆和钻具需要反复循环升降运动，由于钻杆、钻具和钻具内的泥土的质量很大，提升作业的行程长达几十米，需要消耗大量的发动机功率，提升作业时通过主卷扬马达的提升作用将液压能转变为钻杆和钻具的重力势能，而下放时钻杆和钻具释放出大量的重力势能。这些能量基本上都消耗在平衡阀的节流孔上，不仅浪费了能量，增加了系统的热负荷，而且降低了液压元件的使用寿命，同时影响系统的作业性能。

[0003] 目前，旋挖钻机主卷扬系统的马达制动油路主要从两个途径取油，一路是先导泵供油，另一路是主油路经过减压后供油。以上二种供油方式都需要发动机输出一定的功率，所以对旋挖钻机下放工况过程中重力势能的回收将是旋挖钻机节能降耗的未来研究方向。

实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的在于克服上述现有技术中的不足，提供一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其结构简单、设计合理且易于实现、使用操作方便，能有效回收旋挖钻机下放工况时的重力势能，降低了热量损失，提高了能量的利用率，延长了液压元件的使用寿命。

[0005] 为实现上述目的，本实用新型采用的技术方案是：一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：包括油箱、变量泵、第一单向阀、三位四通阀、主卷扬马达、二位三通阀、回收马达、平衡阀、第二单向阀、第一换向阀、第三单向阀、储能器、第二换向阀和制动油缸，所述变量泵的进油口与油箱连接，所述变量泵的出油口与第一单向阀的进油口连接，所述第一单向阀的出油口与三位四通阀的进油口连接，所述三位四通阀的两个工作口分别与主卷扬马达的进口和出口连接，所述三位四通阀的回油口与二位三通阀的工作口连接，所述二位三通阀的回油口与油箱连接，所述二位三通阀的进油口与回收马达的出油口连接，所述回收马达的进油口与平衡阀的进油口连接，所述平衡阀的出油口与第二单向阀的进油口连接，所述第二单向阀的出油口连接在第一单向阀的出油口与三位四通阀的进油口之间，所述第一换向阀的进油口连接在回收马达的出油口与二位三通阀的进油口之间，所述第一换向阀的出油口与第三单向阀的进油口连接，所述第三单向阀的出油口与储能器连接，所述第二换向阀的进油口连接在第三单向阀的出油口与储能器之间，所述第二换向阀的两个工作口分别与制动油缸的进油口和出油口连接，所述第二换向阀的回油口与油箱连接。

[0006] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括发电机、逆变器和超级电容，所述发电机的输入轴与回收马达的输出轴同轴连接，所述发电机与逆变器通过电缆连接，所述逆变器与超级电容连接。

[0007] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第一电动机，所述第一电动机的输出轴与变量泵的输入轴连接，所述第一电动机和逆变器通过电缆连接。

[0008] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括浮动阀，所述浮动阀的进油口连接在主卷扬马达的进口与三位四通阀的一个工作口之间，所述浮动阀的出油口连接在主卷扬马达的出口与三位四通阀的另一个工作口之间。

[0009] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第四单向阀和第一溢流阀，所述第四单向阀的出油口和第一溢流阀的进油口并联接在主卷扬马达的出口与三位四通阀的另一个工作口之间。

[0010] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第五单向阀和第二溢流阀，所述第五单向阀的出油口和第二溢流阀的进油口并联接在主卷扬马达的进口与三位四通阀的一个工作口之间。

[0011] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第一节流阀，所述节流阀的进油口与二位三通阀的回油口连接，所述节流阀的出油口与油连接。

[0012] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：还包括第二节流阀，所述第二节流阀的进油口连接在回收马达的出油口与二位三通阀的进油口之间，所述第二节流阀的出油口与第一换向阀的进油口连接。

[0013] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：所述变量泵的出油口与第一单向阀的进油口之间连接有第二溢流阀。

[0014] 上述的一种旋挖钻机主卷扬下放势能回收系统，其特征在于：所述第二换向阀为两位四通阀。

[0015] 本实用新型与现有技术相比具有以下优点：

[0016] 1、本实用新型结构简单、设计合理且易于实现、使用操作方便。

[0017] 2、现有技术中，旋挖钻机主卷扬系统的马达制动油缸的液压油一种方式是先导泵供油，另一种方式是主油路经过减压后供油，这两种方式都需要发动机输出一定的功率；本实用新型采用蓄能器作为制动油缸的动力源，钻杆和钻具下放过程释放的重力势能一部分存储在蓄能器中，作为开启制动油缸的动力源，可有效降低发动机负荷，起到了一定的节能效果。

[0018] 3、在传统的液压系统中，执行机构下放的重力势能和制动时的惯性都在主控阀的节流口上以热能的形式浪费掉，不仅浪费了能量，还增加了系统的热负荷；本实用新型的势能回收系统，使得钻杆和钻具下落时，带动主卷扬马达旋转，主卷扬马达此时相当于泵，输出高压油带动回收马达转动，回收马达与发电机同轴相连，回收马达带动发电机轴旋转，发电机发出的电能经过逆变器储存在超级电容里，实现了重力势能到液压能、液压能到机械能和机械能到电能的转化，超级电容存储的电能可以用于驱动电动机或者液压泵，将电能转化为机械能或者液压能，实现了重力势能的完美回收利用。

[0019] 4、本实用新型在钻杆和钻具下放的过程中，不仅能够通过势能回收系统回收势

能，而且降低了平衡阀上的热量损失，提高了能量的利用率，提高了经济性，延长了液压元件的使用寿命。

[0020] 下面通过附图和实施例，对本实用新型做进一步的详细描述。

附图说明

[0021] 图 1 为本实用新型的结构示意图。

[0022] 图 2 为本实用新型提升工况时的结构示意图。

[0023] 图 3 为本实用新型第一种下放工况时的结构示意图。

[0024] 图 4 为本实用新型制动工况时的结构示意图。

[0025] 图 5 为本实用新型第二种下放工况时的结构示意图。

[0026] 附图标记说明：

[0027] 1—负载；2—主卷扬马达；3-1—第四单向阀；

[0028] 3-2—第五单向阀；4-1—第一溢流阀；4-2—第二溢流阀；

[0029] 5—油箱；6—浮动阀；7—三位四通阀；

[0030] 8—第二溢流阀；9—第一单向阀；10—电动机；

[0031] 11—液压泵；12—第二单向阀；13—平衡阀；

[0032] 14—回收马达；15—发电机；16—逆变器；

[0033] 17—第一电动机；18—超级电容；19—二位三通阀；

[0034] 20—第一节流阀；21—第二节流阀；22—第一换向阀；

[0035] 23—第三单向阀；24—第二换向阀；25—储能器；

[0036] 26—制动油缸。

具体实施方式

[0037] 如图 1 所示，本实用新型包括油箱 5、变量泵 11、第一单向阀 9、三位四通阀 7、主卷扬马达 2、二位三通阀 19、回收马达 14、平衡阀 13、第二单向阀 12、第一换向阀 22、第三单向阀 23、储能器 25、第二换向阀 24 和制动油缸 26，所述变量泵 11 的进油口与油箱 5 连接，所述变量泵 11 的出油口与第一单向阀 9 的进油口连接，所述第一单向阀 9 的出油口与三位四通阀 7 的进油口连接，所述三位四通阀 7 的两个工作口分别与主卷扬马达 2 的进口和出口连接，所述三位四通阀 7 的回油口与二位三通阀 19 的工作口连接，所述二位三通阀 19 的回油口与油箱 5 连接，所述二位三通阀 19 的进油口与回收马达 14 的出油口连接，所述回收马达 14 的进油口与平衡阀 13 的进油口连接，所述平衡阀 13 的出油口与第二单向阀 12 的进油口连接，所述第二单向阀 12 的出油口连接在第一单向阀 9 的出油口与三位四通阀 7 的进油口之间，所述第一换向阀 22 的进油口连接在回收马达 14 的出油口与二位三通阀 19 的进油口之间，所述第一换向阀 22 的出油口与第三单向阀 23 的进油口连接，所述第三单向阀 23 的出油口与储能器 25 连接，所述第二换向阀 24 的进油口连接在第三单向阀 23 的出油口与储能器 25 之间，所述第二换向阀 24 的两个工作口分别与制动油缸 26 的进油口和出油口连接，所述第二换向阀 24 的回油口与油箱 5 连接。

[0038] 其中，变量泵 11 还与电动机 10 连接且通过电动机 10 带动转动，主卷扬马达 2 与负载 1 连接带动负载（主要指钻杆和钻具）工作。平衡阀 13 的作用如下：当制动油缸 26 处

于抱闸制动状态时，保证钻杆和钻具能够安全的悬空在任何位置并且不会出现下滑现象；防止下放工况时钻杆和钻具的加速下降并且能够实现一定的微动控制；下方工况时，有一定的延时作用，防止负载 1 的快速变化引起主卷扬机构的抖动现象。

[0039] 如图 1 所示，本实用新型还包括发电机 15、逆变器 16 和超级电容 18，所述发电机 15 的输入轴与回收马达 14 的输出轴同轴连接，所述发电机 15 与逆变器 16 通过电缆连接，所述逆变器 16 与超级电容 18 连接。

[0040] 如图 1 所示，本实用新型还包括第一电动机 17，所述第一电动机 17 的输出轴与变量泵 11 的输入轴连接，所述第一电动机 17 和逆变器 16 通过电缆连接。

[0041] 如图 1 所示，本实用新型还包括浮动阀 6，所述浮动阀 6 的进油口连接在主卷扬马达 2 的进口与三位四通阀 7 的一个工作口之间，所述浮动阀 6 的出油口连接在主卷扬马达 2 的出口与三位四通阀 7 的另一个工作口之间。浮动阀 6 在钻具钻进工况时，浮动阀 6 上位工作，将主卷扬马达 2 的左腔和右腔连接起来，主卷扬马达 2 处于浮动状态。

[0042] 如图 1 所示，本实用新型还包括第四单向阀 3-1 和第一溢流阀 4-1，所述第四单向阀 3-1 的出油口和第一溢流阀 4-1 的进油口并联接在主卷扬马达 2 的出口与三位四通阀 7 的另一个工作口之间；本实用新型还包括第五单向阀 3-2 和第二溢流阀 4-2，所述第五单向阀 3-2 的出油口和第二溢流阀 4-2 的进油口并联接在主卷扬马达 2 的进口与三位四通阀 7 的一个工作口之间。第四单向阀 3-1、第一溢流阀 4-1 和油箱 5 组成缓冲补油回路，第五单向阀 3-2、第二溢流阀 4-2 和油箱 5 组成缓冲补油回路，通过第一溢流阀 4-1 和第二溢流阀 4-2 设定压力来限定最高负载，防止过载现象引起的不安全事故；在下放工况时，主卷扬马达 2 如果吸空，油箱 5 通过第四单向阀 3-1 和第五单向阀 3-2 给系统补油。

[0043] 如图 1 所示，本实用新型还包括第一节流阀 20，所述节流阀 20 的进油口与二位三通阀 19 的回油口连接，所述节流阀 20 的出油口与油箱 5 连接。

[0044] 如图 1 所示，本实用新型还包括第二节流阀 21，所述第二节流阀 21 的进油口连接在回收马达 14 的出油口与二位三通阀 19 的进油口之间，所述第二节流阀 21 的出油口与第一换向阀 22 的进油口连接。

[0045] 如图 1 所示，所述变量泵 11 的出油口与第一单向阀 9 的进油口之间连接有第二溢流阀 8。

[0046] 本实施例中，所述第二换向阀 24 为两位四通阀。

[0047] 本实用新型的工作原理为：如图 2 所示，当旋挖钻机的钻杆和钻具提升时，本实用新型的油路流经路径依次为：油箱 5、变量泵 11、第一单向阀 9、三位四通阀 7 的右位、主卷扬马达 2 的右腔、主卷扬马达 2 的左腔、三位四通阀 7 的右位、二位三通阀 19 的右位、第一节流阀 20 和油箱 5。

[0048] 如图 3 所示，当旋挖钻机的钻杆和钻具下放时，本实用新型的第一种油路流经路径依次为：主卷扬马达 2 的右腔、三位四通阀 7 的左位、二位三通阀 19 的左位、第二节流阀 21、第一换向阀 22、第三单向阀 23 和蓄能器 25，当主卷扬马达 2 吸空时，可以通过油箱 5 或变量泵 11 补油，变量泵 11 不输出能量。第二节流阀 21 起节流和缓冲的作用；第三单向阀 23 在蓄能完成后，起保压作用；钻具和钻杆下放的速度由三位四通阀 7 的开口大小决定；蓄能器 25 利用钻具和钻杆下放释放的重力势能向自身充液蓄能，作为主卷扬马达 2 的制动油路的油源，回收了一部分重力势能。

[0049] 如图 4 所示，主卷扬马达 2 的制动器为常闭式制动器，经常处于上闸状态，当旋挖钻机的提升机构制动时，本实用新型的油路流经路径依次为：蓄能器 25、第二换向阀 24 和制动油缸 26，蓄能器 25 为制动油缸 26 提供能量。

[0050] 如图 5 所示，当旋挖钻机的钻杆和钻具下放时，本实用新型的第二种油路流经路径依次为：主卷扬马达 2 的右腔、三位四通阀 7 的左位、二位三通阀 19 的左位、回收马达 14 的上腔、回收马达 14 的下腔、平衡阀 13、第二单向阀 12、三位四通阀 7 的左位和主卷扬马达 2 的左位，当主卷扬马达 2 吸空时，可以通过油箱 5 或变量泵 11 补油，平衡阀 13 可以起到缓冲和节流作用，防止负载 1 变化快而出现“点头”现象。钻杆和钻具下放时，重力势能释放，使主卷扬马达 2 的左端压力降低，重力势能转化为液压能，此时主卷扬马达 2 相当于液压泵（左腔压力低，右腔压力高），右腔输出高压油，带动回收马达 14 的轴转动，将液压能转化为机械能，回收马达 14 和发电机 15 同轴相连，带动发电机 15 发电，将机械能转化为电能，经过逆变器 16 存储在超级电容 18 中，实现了重力势能的完美回收；回收在超级电容 18 中的能量可用于驱动变量泵 11，用于整个系统。通过控制主卷扬马达 2 的排量、回收马达 14 的排量和发电机 15 的扭矩来控制钻杆和钻具的下放速度，控制回收马达 14 的排量和发电机 15 的转速，来保证钻杆和钻具下放的稳定性，使回收马达 14 的效率处于高效区和发电机 15 工作在高效率区，也能保证系统回收效率高。

[0051] 可见，钻杆和钻具下放过程中，一路油液流至蓄能器 25，给蓄能器 25 充能；另一路经过回收马达 14，将重力势能转变为可储存的电能。实际工作时，当蓄能器 25 充能完成，控制第一换向阀 22 使其上位工作，切断至蓄能器 25 的油路，钻杆和钻具下落释放的重力势能通过主卷扬马达 2、回收马达 14 和发电机 15 转化为电能。当蓄能器 25 的出口压力低于标定值，控制第一换向阀 22 使其下位工作，给蓄能器 25 充能，钻杆和钻具下落释放的重力势能一部分转化为蓄能器 25 中的液压能，另一部分转化为电能存储。

[0052] 综上，本实用新型是依靠钻杆和钻具下落过程中释放重力势能，带动主卷扬马达 2 转动，将重力势能转化为液压能。主卷扬马达 2 工作在泵的状态，输出高压油，一部分用于给蓄能器 25 充能，蓄能器 25 是制动油缸 26 的油源，将下落的重力势能回收到系统中，达到了节能的目的。另一部分带动回收马达 14 的轴转动，将液压能转化为机械能，回收马达 14 和发电机 15 同轴相连，将机械能转化为电能，电能经过逆变器 16 存储在超级电容 18 中，实现了重力势能的回收，超级电容 18 中的电能可用来驱动变量泵 11。变量泵 11 采用混合动力驱动，即用电动机 10 驱动，和用钻杆和钻具下放释放的重力势能驱动，克服了原有的旋挖钻机主卷扬系统下放时重力势能得不到回收的缺点，且主卷扬系统的下放速度和势能回收装系统的回收效率高。

[0053] 以上所述，仅是本实用新型的较佳实施例，并非对本实用新型作任何限制，凡是根据本实用新型技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变换，均仍属于本实用新型技术方案的保护范围内。

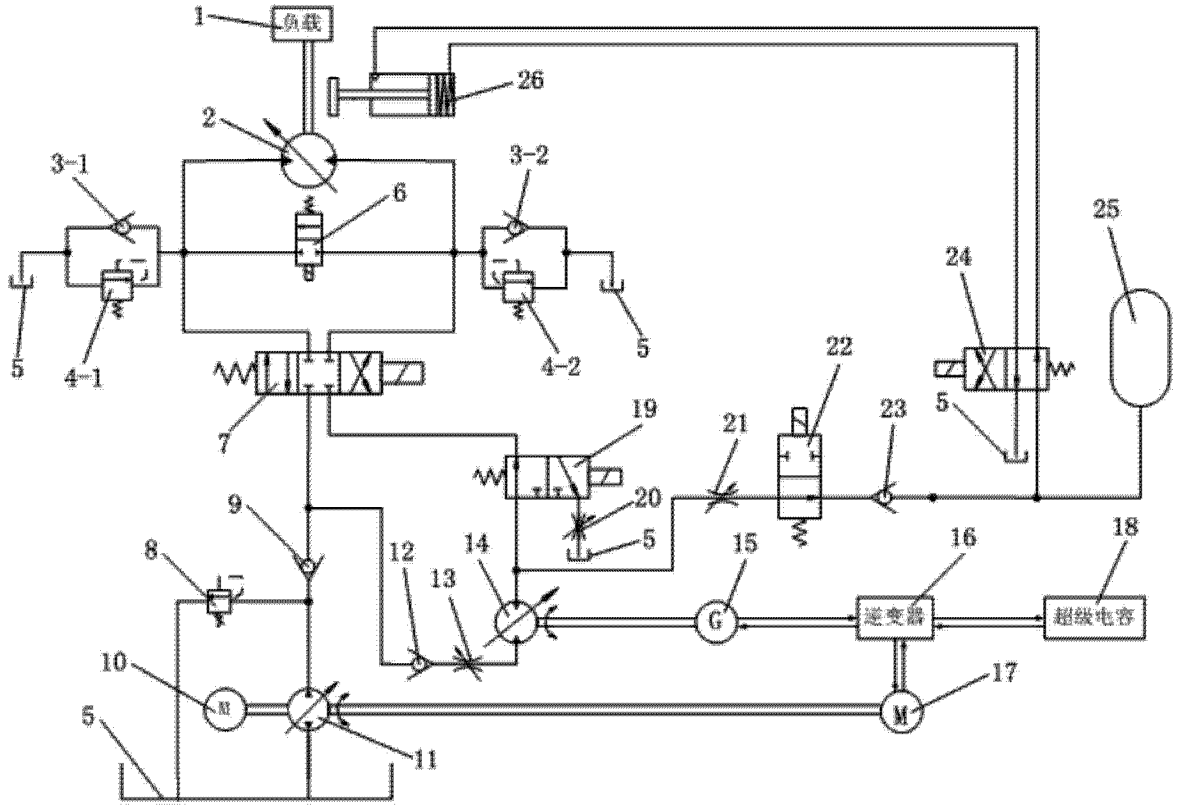

1
负载
26
2
3-1
3-2
6
25
24
5
4-1
4-2
5
22
7
19
21
23
5
9
20
5
8
12
14
15
16
18
13
G
逆变器
超级电容
10
17
M
5
11

图 1

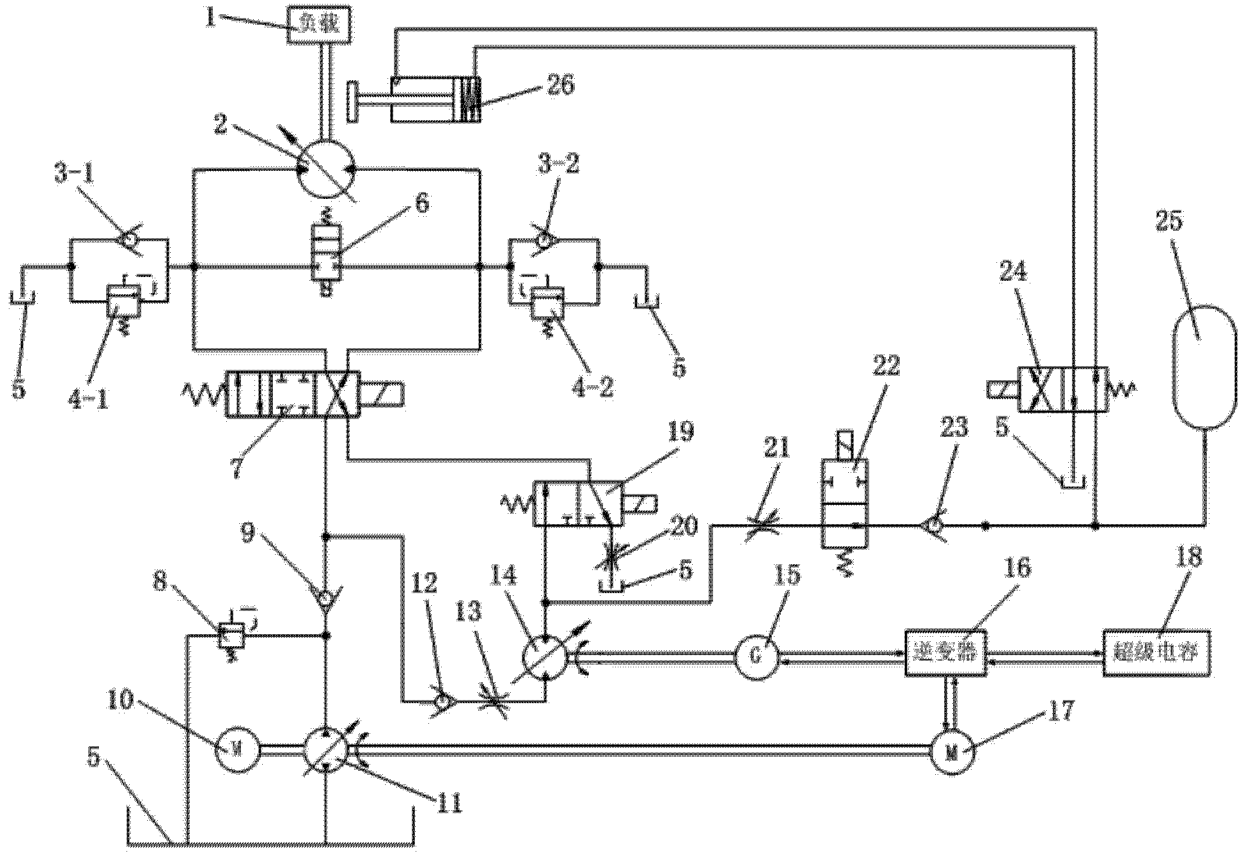

1
负载
26
2
3-1
3-2
6
25
24
5
4-1
4-2
5
5
22
7
19
21
23
5
9
20
5
8
12
14
15
16
18
13
逆变器
超级电容
10
17
5
11

图 2

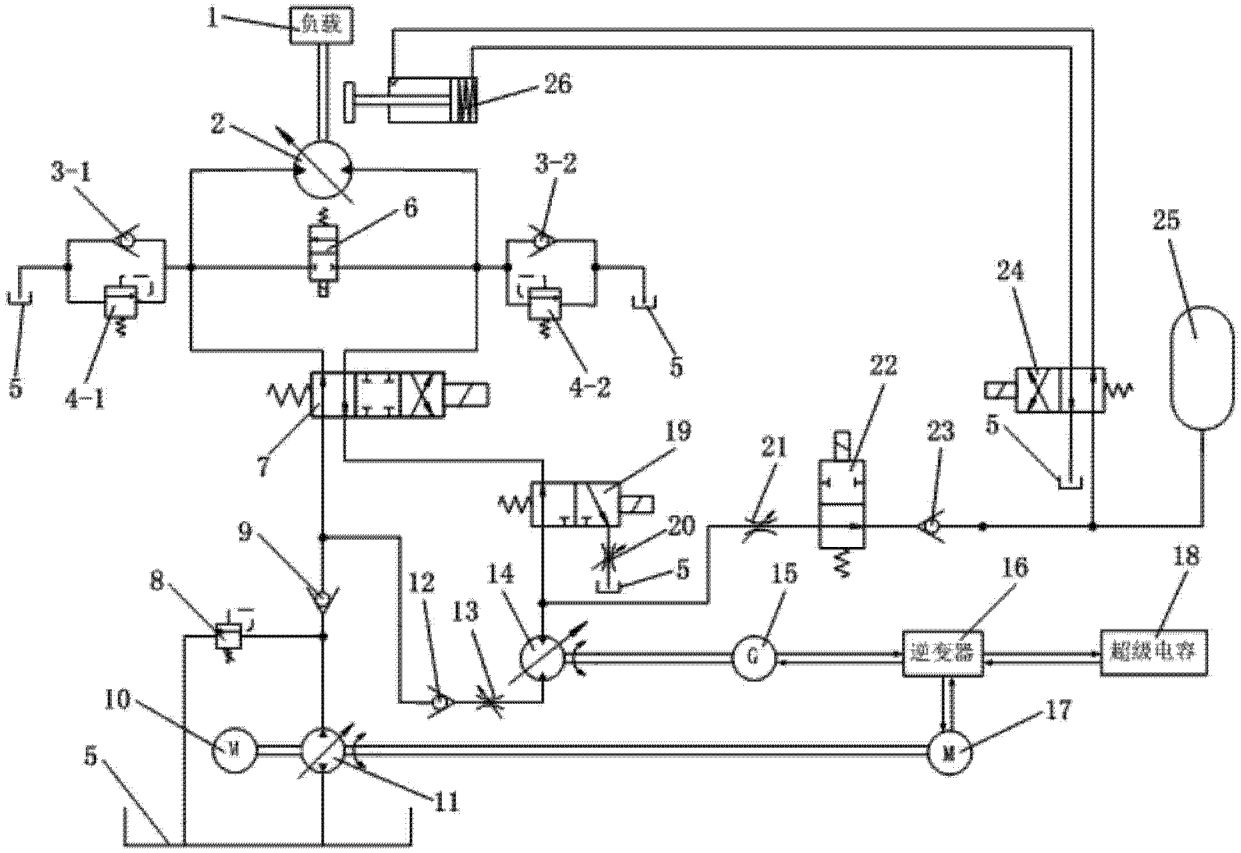

1
负载
26
2
3-1
3-2
6
25
24
5
4-1
4-2
5
22
7
19
21
23
5
9
20
5
8
12
14
15
16
18
13
G
逆变器
超级电容
10
M
M
17
5
11

图 3

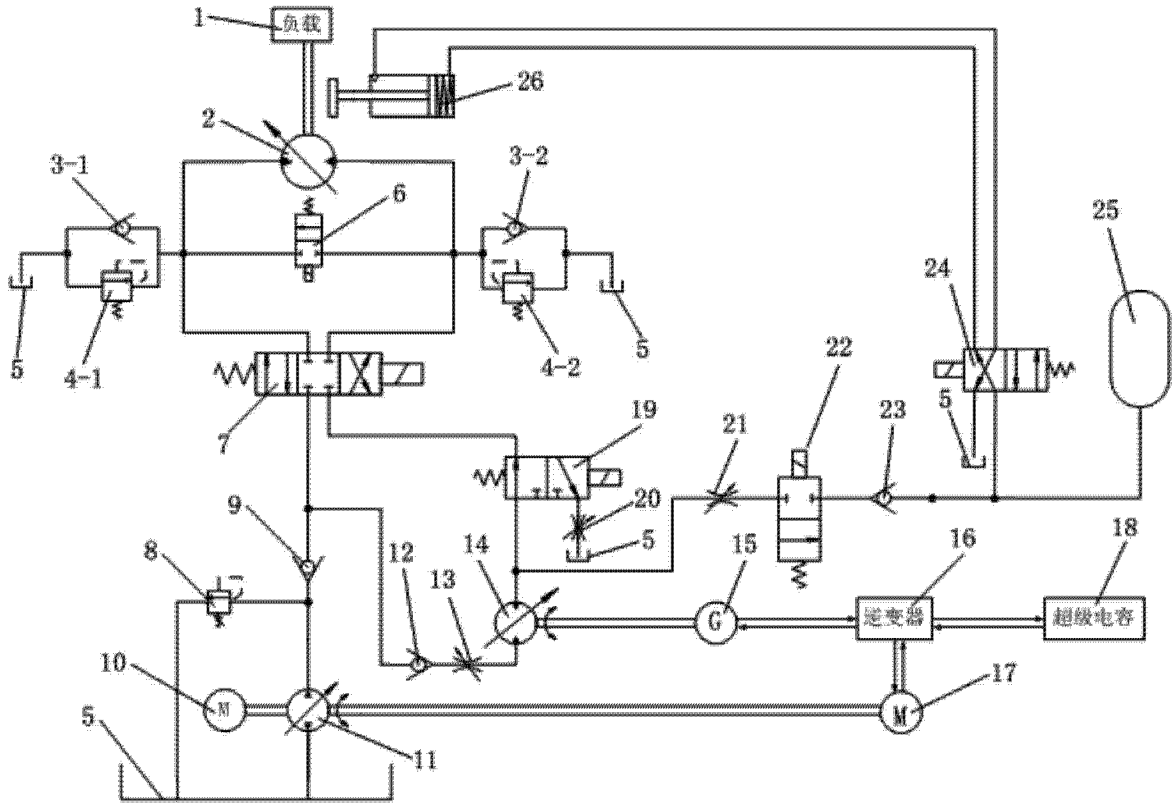

1
负载
26
2
3-1
3-2
6
25
24
5
4-1
4-2
5
22
7
19
21
23
5
9
20
5
8
12
14
15
16
18
13
G
逆变器
超级电容
10
17
M
5
11

图 4

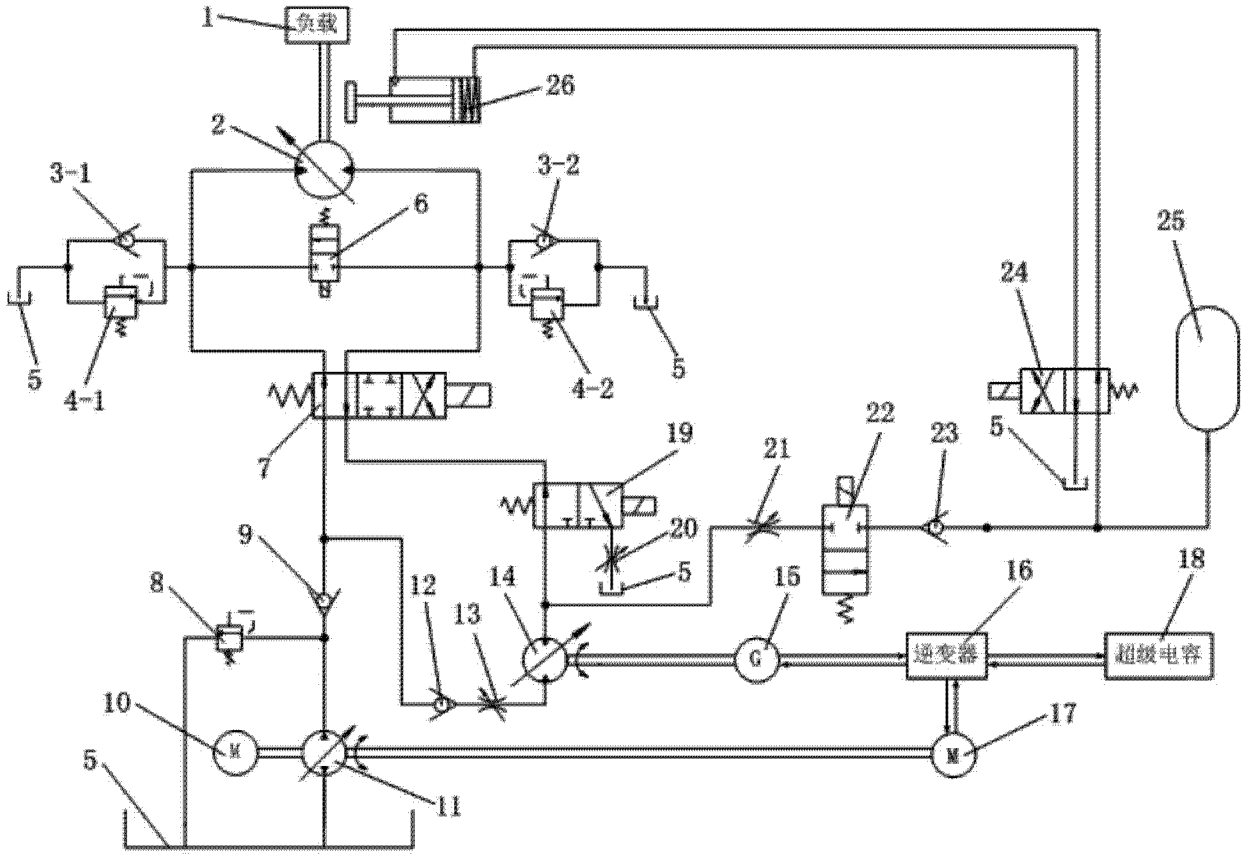

1
负载
26
2
3-1
3-2
6
25
24
5
4-1
4-2
5
5
7
19
21
22
23
5
9
20
5
8
12
14
15
16
18
13
逆变器
超级电容
10
17
5
11

图 5